ผลของการปรับสภาพสองขั้นตอนต่อองค์ประกอบของหญ้าเนเปียร์ด้วยการอบไอน้ำร่วมกับการใช้สารละลายด่าง

Effect of two-stage pretreatment on chemical composition of Napier grass using steam explosion and alkaline solution

กาญจนา ลอยทะเล[1], พัฒน์ คำเพราะ[1], พัชราภา สวัสดิ์ขวัญเมือง[1], มณฑิรา พงษ์พยัคฆ์[1], และ ฐนียา รังษีสุริยะชัย[1*]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี

*Corresponding author; E-mail address: thaneeya.r@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์แบบสองขั้นตอนโดยทำการปรับสภาพร่วมกันระหว่างการอบไอน้ำกับการปรับสภาพด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ การทดลองนี้ได้ทำการปรับสภาพแบบสองขั้นตอนซึ่งในขั้นตอนแรกทำการปรับสภาพด้วยการอบไอที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ทำการแปรเปลี่ยนระยะเวลาในการปรับสภาพที่ 45 และ 60 นาที จากนั้นทำการปรับสภาพในขั้นตอนที่สองด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3.5 และ 5.5 ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 40 นาที ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ของหญ้าเนเปียร์ทั้งก่อนปรับสภาพและหลังปรับสภาพในทุกขั้นตอน ปัจจัยที่มีผลในกระบวนการปรับสภาพด้วยวิธีนี้ คือ เวลาที่ใช้ อุณหภูมิ ขนาดของวัสดุตั้งต้นที่ใช้ และความเข้มข้นของสารละลายด่าง โดยผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบทางเคมีมีการเปลี่ยนแปลงหลังการปรับสภาพสองขั้นตอนโดยสามารถกำจัดลิกนิน และเพิ่มปริมาณเซลลูโลสได้ดีกว่าการปรับสภาพขั้นตอนเดียว ทำให้มีความสามารถในการนำไปผลิตเป็นวัสดุเซลลูโลสไฟเบอร์ในการดูดซับโลหะหนักในน้ำเสียได้ต่อไป

คำสำคัญ: การปรับสภาพสองขั้นตอน, การอบไอน้ำ, สารละลายด่าง, หญ้าเนเปียร์

Abstract

The purpose of this research was to study the effect of two-stage pretreatment on Napier grass by combining pretreatment between steam explosion pretreatment and pretreatment with alkaline sodium hydroxide solution. This experiment was performed in a two-stage pretreatment, in which the pretreatment was first performed by steam explosion at 120 °C, and the pretreatment time was varied at 45 and 60 min. The second was treated with sodium hydroxide solutions at 3.5% and 5.5% concentrations at 120 °C for 40 min. The cellulose, hemicellulose and lignin components of Napier grass was analyzed before and after treatment at all stages. Factors affecting the pretreatment process with this method are time, temperature, size of substrate used and the concentration of the alkaline solution. The results showed that the chemical composition was changed after the two-step pretreatment, which was able to remove lignin and increase the cellulose content better than the one-step pretreatment. It can be used in the production of cellulose fiber material to absorb heavy metals in wastewater.

Keywords: Two-stage pretreatment, steam explosion, alkaline solution, Napier grass

1. คำนำ

ปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายผลักดันและส่งเสริมพลังงานทดแทน โดยการนำพืชมาแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน ซึ่งพืชที่สามารถนำมาแปรรูปได้มีหลายชนิด เช่น มันสำปะหลัง อ้อย ป่าน หญ้าเนเปียร์ เป็นต้น เนื่องจากหญ้าเนเปียร์สามารถปลูกและให้ผลผลิตได้ในพื้นที่แห้งแล้ง อยู่ในดินที่ไม่สามารถปลูกพืชไร่เศรษฐกิจชนิดอื่นได้ ปลูกได้ในดินหลายประเภท ใช้ต้นทุนในการปลูกน้อย เจริญเติบโตเร็ว ทนต่อโรคและทนแล้ง สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตลอดทั้งปี ปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้นาน 6-7 ปี [1] เป็นต้น จึงนิยมนำมาแปรรูปสูงสุด ซึ่งหญ้าเนเปียร์พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย คือ หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1

การนำหญ้าเนเปียร์ไปใช้เป็นวัตถุดิบต่างๆ ทั้งในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ หรือวัสดุเซลลูโลสต่างๆ นั้น จำเป็นต้องนำไปผ่านขั้นตอนการปรับสภาพเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวและลดโครงสร้างผลึกของเซลลูโลส [2] การปรับ

สภาพสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปรับสภาพทางกายภาพ การปรับสภาพด้วยสารเคมี และการปรับสภาพด้วยวิธีทางชีวภาพ และการปรับสภาพร่วม ซึ่งพบว่า วิธีที่นิยมและมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีอื่น คือ วิธีการปรับสภาพด้วยสารเคมี โดยประสิทธิภาพในการปรับสภาพนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของพืช ชนิดของสารเคมี ความดัน เวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการปรับสภาพ [3] เส้นใยพืชจัดเป็นเส้นใยที่พบเห็นได้ง่าย เช่นใบไม้ ผลไม้ ลำต้น ที่ประกอบขึ้นจากเส้นใยเล็ก ๆ ที่ยึดประสานกันอยู่ด้วยคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง เส้นใยเซลลูโลสหนึ่งเส้นประกอบขึ้นจากการห่อหุ้มเส้นใยเซลลูโลสขนาดเล็ก ๆ ที่โยงใยกันไปมาด้วยเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน โดยลิกนินมีโครงสร้างแบบอสัณฐานเกิดจากพันธะของโคพอลิเมอร์ของฟีนิลโพรเพน ทำหน้าที่เป็นเสมือนกาวที่ติดเส้นใยเซลลูโลสไว้กับส่วนประกอบอื่น ๆ ทำให้มีสมบัติไม่ละลายน้ำ การกำจัดหรือการแยกเส้นใยออกจากลิกนินทำได้โดยใช้สารเคมีเป็นตัวทำละลาย ซึ่งภายหลังการทำปฏิกิริยาด้วยสารเคมีเมื่อลิกนินถูกกำจัดออกไป เส้นใยจะมีพื้นที่ภายในโครงสร้างเพิ่มขึ้น มีโอกาสในการทำปฏิกิริยาในกระบวนการต่างๆ มากขึ้น ส่วนเฮมิเซลลูโลส คือ เซลลูโลสที่มีลักษณะเป็นกิ่งก้านไม่ใช่สายตรงเหมือนเซลลูโลสที่เป็นเส้นใย มีรูปร่างแบบอสัณฐาน และมีการจัดเรียงตัวแบบไม่เป็นระเบียบอยู่ตรงที่ว่างระหว่างเส้นใยเล็กๆ ตรงส่วนผนังเซลล์ปฐมภูมิและทุติยภูมิ ไม่ละลายในน้ำแม้ในสภาวะที่ให้ความร้อน สร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างตัวมันเองกับเส้นใยเซลลูโลส [4] การปรับสภาพลิกโนเซลลูโลสด้วยด่าง เป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน และไม่ต้องใช้พลังงานมาก ซึ่งได้รับความนิยมมากในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อกำจัดลิกนินและเฮมิเซลลูโลส ปัจจุบันชนิดด่างที่นิยมใช้ในการศึกษาการปรับสภาพมากที่สุด เนื่องจากมีประสิทธิภาพดีเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไดออกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ตามลำดับ [5] แต่อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีในความเข้มข้นที่สูงจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และมีราคาสูง ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการทางความร้อนเข้ามาทำการปรับสภาพร่วมในงานวิจัยนี้ โดยการปรับสภาพทางความร้อนด้วยน้ำนั้นเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากและมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดเฮมิเซลลูโลส และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยการปรับด้วยความร้อนจากน้ำมีหนึ่งวิธีการที่น่าสนใจ [6] ได้แก่ การปรับสภาพด้วยการอบไอน้ำ โดยมีงานวิจัยที่ทำการปรับสภาพด้วยการอบไอน้ำร่วมกับเฟอริกคลอไรด์ 1 โมลาร์ สามารถกำจัดเฮมิเซลลูโลสได้ดีที่สุด [7]

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาผลของการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ด้วยการอบไอน้ำร่วมกับการใช้สารละลายด่าง โดยศึกษาการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ที่อุณหภูมิ และเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยนำผลการวิเคราะห์ไปใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของหญ้าเนเปียร์ที่ถือเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งสามารถนำไปพิจารณาในการประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ในทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

ในการศึกษาผลของการปรับสภาพสองขั้นตอนต่อองค์ประกอบของหญ้าเนเปียร์ด้วยการอบไอน้ำร่วมกับการใช้สารละลายด่างนั้นได้เก็บตัวอย่างหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 มาจากอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยในการนำตัวอย่างหญ้ามานั้นได้ทำการคัดเลือกหญ้าที่มีอายุประมาณ 30 - 45 วัน ก่อนการปรับสภาพจะต้องทำการเตรียมวัตถุดิบโดยนำหญ้าเนเปียร์สดไปทำให้แห้งเพื่อลดความชื้นในหญ้าลงให้มีน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปหั่นเพื่อให้ขนาดเล็กลงเหลือประมาณ 1-2 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดละเอียดด้วยเครื่องบดและทำการคัดขนาดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 100 แล้วนำไปเก็บในถุงสุญญากาศ เพื่อรอทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

สารละลายด่างที่ใช้ในการปรับสภาพ คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เกรด AR ความเข้มข้น 98% ยี่ห้อ Merck ผลิตที่ประเทศ Germany ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดหนึ่งที่เป็นของแข็งสีขาว สามารถละลายน้ำและดูดซึมความชื้นในอากาศได้ดีมาก มีฤทธิ์กัดกร่อนและมีความเป็นด่างสูง

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการศึกษาการปรับสภาพสองขั้นตอนต่อองค์ประกอบของหญ้าเนเปียร์ด้วยการอบไอน้ำร่วมกับการใช้สารละลายด่าง ก่อนขั้นตอนการปรับสภาพจะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยใช้วิธีการในการวิเคราะห์เซลลูโลสตามวิธี TAPPI T203 om-88 และลิกนิน ตามวิธี TAPPI T222 om-88 โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานในการปรับสภาพวัตถุดิบดังนี้

2.2.1 การปรับสภาพขั้นตอนที่หนึ่ง

การปรับสภาพขั้นที่หนึ่งโดยชั่งหญ้าเนเปียร์ที่เตรียมไว้ในขั้นตอนที่ 2.1 ที่ทำการคัดขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 100 แล้ว จำนวน 40 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นในปริมาตร 400 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเข้าหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ทำการแปรเปลี่ยนระยะเวลา ในการปรับสภาพที่ 45 และ 60 นาที เมื่อทำการปรับสภาพแล้ว กรองเอาน้ำออก หลังจากนั้น นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่ออบเสร็จนำไปเก็บในถุงสุญญากาศ เพื่อทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

2.2.2 การปรับสภาพขั้นตอนที่สอง

การปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ขั้นตอนที่สอง โดยชั่งหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพขั้นตอนแรก 40 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 3.5 และ 5.5 ในปริมาตร 400 มิลลิลิตร นำไปเข้าหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 40 นาที เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับสภาพด้วยด่าง เมื่อทำการปรับสภาพเรียบร้อยแล้ว ล้างหญ้าให้มีค่าพีเอชเป็นกลางด้วยน้ำสะอาด แล้วกรองเอาน้ำออก หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่ออบเสร็จนำไปเก็บในถุงสุญญากาศ เพื่อรอทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

ในแต่ละขั้นตอนของการปรับสภาพจะทำการวิเคราะห์หาค่าเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ของหญ้าเนเปียร์ หลังการปรับสภาพตามวิธีการเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองต่อไป

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ด้วยการอบไอน้ำร่วมกับการใช้สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์สองขั้นตอน โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุประเภทลิกโนเซลลูโลส ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน รวมทั้งศึกษาร้อยละการกำจัดลิกนินในสภาวะต่าง ๆ แสดงผลการทดลองดังต่อไปนี้

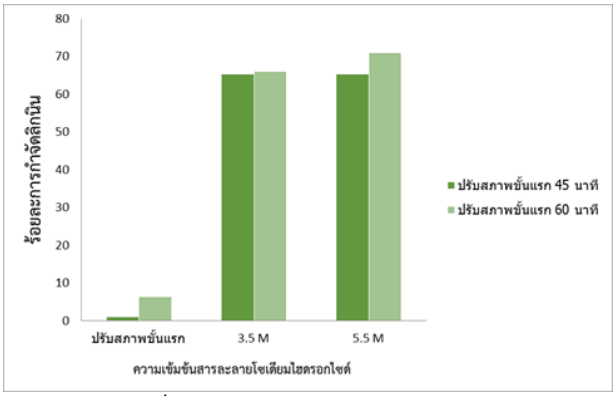
3.1 องค์ประกอบของหญ้าเนเปียร์ก่อนและหลังการปรับสภาพ

หญ้าเนเปียร์ มีองค์ประกอบหลักทางเคมี 3 ชนิด ที่เป็นโครงสร้างของเซลล์พืชโดยเป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบที่ซับซ้อน มีความแข็งแรงเนื่องจากมีลิกนินที่ทำหน้าที่เป็นตัวยึดเกาะระหว่างพันธะของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเข้าด้วยกัน โดยเซลลูโลสเป็นสารประกอบโพลีเมอร์ของกลูโคสที่มีโครงสร้างทางเคมีเกาะกันเป็นสายโซ่ยาว โดยเซลลูโลสนั้นไม่ละลายน้ำ และไม่สามารถย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลส ทำให้มีความทนทาน จึงนิยมนำไปผลิตเป็นวัสดุเซลลูโลสไฟเบอร์ หรือนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพได้โดยใช้กระบวนการหมักในการแปรเปลี่ยนเซลลูโลสไปเป็นสารตั้งต้นของการหมัก โดยจากการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีหลักของหญ้าเนเปียร์ก่อนและหลังการปรับสภาพแสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ก่อนและหลังการปรับสภาพ

ลำดับขั้น	สภาวะการปรับสภาพ	เซลลูโลส (%)	เฮมิเซลลูโลส (%)	ลิกนิน (%)
ก่อนการปรับสภาพ	-	73.38	26.62	19.89
การปรับสภาพขั้นแรก	45 นาที	74.55	25.45	19.67
	60 นาที	73.62	26.38	18.63
การปรับสภาพขั้นสองด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ปรับสภาพขั้นแรก 45 นาที)	3.5 โมลาร์	84.43	15.57	6.88
	5.5 โมลาร์	80.37	19.63	6.87
การปรับสภาพขั้นสองด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ปรับสภาพขั้นแรก 60 นาที)	3.5 โมลาร์	82.20	17.80	6.75
	5.5 โมลาร์	86.77	13.23	5.75

จากตารางที่ 1 พบว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ที่นำมาทำการทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแต่ละองค์ประกอบพบว่ามีค่าเซลลูโลสเท่ากับร้อยละ 73.38 เฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 26.62 และลิกนินเท่ากับร้อยละ 19.89 เมื่อผ่านการปรับสภาพในขั้นตอนที่หนึ่งและสองแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของเซลลูโลส และการลดลงของเฮมิเซลลูโลสและลิกนินในทุกขั้นตอนของการปรับสภาพ โดยทำการเปรียบเทียบการปรับสภาพในแต่ละสภาวะ โดยในขั้นตอนการปรับสภาพขั้นตอนแรกที่ระยะเวลา 45 และ 60 นาที มีความเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกันอาจเนื่องมาจากที่อุณหภูมิการปรับสภาพที่ต่ำ อัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยทั่วไปจะช้าลง และอาจใช้เวลานานกว่าน้ำในการสลายชีวมวล ด้วยเหตุนี้ การขยายเวลาปฏิกิริยาจึงอาจจำเป็นเพื่อให้การแปลงมวลชีวภาพในระดับเดียวกันสามารถทำได้ในเวลาอันสั้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น [8] หลังจากนั้นเมื่อทำการปรับสภาพครบทั้งสองขั้นตอนที่ระยะเวลา 60 นาทีในขั้นตอนแรก หลังการปรับสภาพขั้นตอนที่สองด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5.5 โมลาร์ มีร้อยละการเพิ่มขึ้นของเซลลูโลสด้วยการปรับสภาพสองขั้นตอนสูงสุด มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ลดลงกว่าภาวะการปรับสภาพอื่น การปรับสภาพทางเคมีร่วมกับความดันไอน้ำจะมีผลต่อวัตถุดิบ โดยวัตถุดิบจะถูกผสมกับไอน้ำอิ่มตัวที่ความดันสูงแล้วทำการลดความดันอย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน แยกออกจากกันด้วยอุณหภูมิสูง โดยสามารถกำจัดลิกนินและเพิ่มปริมาณเซลลูโลส และสามารถกำจัดลิกนินได้ดีกว่าการปรับสภาพขั้นตอนเดียว เนื่องจากการใช้ด่างในการปรับสภาพเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสในการทำปฏิกิริยา ทำให้วัสดุมีความพรุนมากขึ้นได้ ลดความเป็นผลึกของเซลลูโลส ลดระดับความเป็นพอลิเมอร์ขนาดใหญ่ [9] ปัจจัยที่มีผลในกระบวนการปรับสภาพด้วยวิธีนี้ คือ เวลาที่ใช้ อุณหภูมิ ขนาดของวัสดุตั้งต้นที่ใช้ และปริมาณความชื้นที่อยู่ในวัตถุดิบ [10]



รูปที่ 1 ร้อยละการกำจัดลิกนิน ในสภาวะต่าง ๆ

จากรูปที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบร้อยละการกำจัดลิกนิน เมื่อนำมาแสดงในรูปของแผนภูมิแล้ว พบว่า การปรับสภาพวัตถุดิบโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นสูงขึ้น จะส่งผลให้ลิกนินถูกกำจัดได้มากขึ้น นั่นคือ การปรับสภาพขั้นสองด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5.5 โมลาร์ (ปรับสภาพขั้นแรก 60 นาที) ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim and Han [11] และ Ko et al. [12] ซึ่งได้รายงานว่าการเพิ่มระดับความรุนแรงของสภาวะการปรับสภาพด้วยด่าง เช่น การเพิ่มความเข้มข้นของด่าง เป็นต้น ส่งผลให้ลิกนินถูกกำจัดออกได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยด่างที่มีความเข้มข้นปานกลาง อุณหภูมิสูง และเวลานาน สามารถกำจัดลิกนินออกไปได้มากขึ้น เช่นกัน นอกจากนี้ Zhu et al. [13] ได้ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยด่างที่ความเข้มข้นเท่ากัน พบว่าเวลามีผลต่อการกำจัดลิกนินออกด้วยจากผลการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าสภาวะการปรับ

สภาพที่มีระดับความรุนแรงเพิ่มขึ้นมีผลต่อกลับการกำจัดปริมาณลิกนิน ซึ่งการกำจัดลิกนินนั้นจะมีผลดีต่อกระบวนการเปลี่ยนสภาพของลิกโนเซลลูโลส จากผลการศึกษา เมื่อลิกนินและเฮมิเซลลูโลสบางส่วนถูกกำจัดออกไป จะทำให้เซลลูโลสมีค่าเพิ่มขึ้น ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ [14] ศึกษาการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 (โดยน้ำหนัก) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส พบว่า ผลของการปรับสภาพทำให้สัดส่วนของลิกนินมีค่าลดลงถึงร้อยละ 84.1 (โดยน้ำหนัก) นอกจากนี้ผลการศึกษาที่ได้ ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ [15] ที่ทำการศึกษาการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 (โดยน้ำหนัก) พบว่าการปรับสภาพวัตถุดิบโดยการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณลิกนินถูกกำจัดได้มากขึ้น โดยพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การกำจัดลิกนินในช่วงร้อยละ 46 – 86 การใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณ เซลลูโลสคงเหลืออยู่ในช่วงร้อยละ 76.30 – 91 ดังนั้น สภาวะการปรับสภาพวัตถุดิบที่เหมาะสมคือสภาวะที่สามารถกำจัดลิกนินได้ในปริมาณมากที่สุด แต่ยังคงไว้ซึ่งปริมาณเซลลูโลสให้ได้มากที่สุด สารละลายด่างสามารถแตกโครงสร้างของลิกนินและลดการเกิดผลึกของเซลลูโลส สอดคล้องกับการศึกษาของสุภาวดี ผลประเสริฐ [16] รายงานว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ปริมาณของเซลลูโลสเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณเฮมิเซลลูโลสและลิกนินลดลง เมื่อคิดร้อยละการเพิ่มขึ้นจะแสดงเห็นว่าการปรับสภาพทางเคมีร่วมกับความดันไอน้ำ จะมีการเพิ่มขึ้นสูงกว่าการใช้เคมีเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการใช้ด่างสามารถแตกโครงสร้างของลิกนินและลดการเกิดผลึกของเซลลูโลส และเมื่อร่วมกับความดันไอน้ำยิ่งทำให้เกิดการย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสและเปลี่ยนรูปลิกนินได้มากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงเป็นการเพิ่มศักยภาพในการย่อยเซลลูโลสด้วย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการระเบิดด้วยไอน้ำได้แก่ ระยะเวลา อุณหภูมิ และขนาดของชิ้นชีวมวล [17]

โดยการประยุกต์ใช้งานสำหรับงานวิจัยในอนาคตนั้นมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในการบำบัดโลหะหนัก เนื่องจากผลการทดลองในการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติพงษ์ ชูจิตร [18] ศึกษาการดูดซับโลหะแคดเมียม โครเมียม แมงกานีส โดยใช้เซลลูโลสจากธรรมชาติ 12 ชนิด ที่ปรับและไม่ปรับแต่งทางเคมี ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะโดยใช้เทคนิคอะตอม มิกแอพซอบชันสเปกโทรโฟโตเมทรี พบว่า เซลลูโลสจากธรรมชาติที่ปรับแต่งทางเคมีจะมีประสิทธิภาพการดูดซับโลหะเหล่านี้ดีกว่าเซลลูโลสจากธรรมชาติที่ไม่ปรับแต่งทางเคมี เซลลูโลสจากธรรมชาติที่ปรับแต่งทางเคมีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ดูดซับโลหะแคดเมียม โครเมียม และแมงกานีสในน้ำเสียและในกระบวนการผลิตบางอย่างได้ และยังสามารถเพิ่มรายได้จากการสร้างงานให้กับเกษตรกรจากการปลูกหญ้าเนเปียร์ รวมถึงการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากของเหลือทิ้งทางการเกษตร และการเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งเหล่านี้จึงนับได้ว่าเป็นการบรรเทาปัญหาโลกร้อนทั้งในทางตรงและทางอ้อม

4. สรุป

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ ที่ผ่านการปรับสภาพสองขั้นตอน การเปลี่ยนแปลงหลังการปรับสภาพสองขั้นตอน แสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพสองขั้นตอน โดยใช้ด่างร่วมกับการอบไอน้ำ โดยปรับสภาพขั้นตอนแรก 60 นาที และปรับสภาพขั้นตอนที่สอง โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 5.5 โมลาร์ ร่วมกับความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ทำให้ปริมาณของเซลลูโลสเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณเฮมิเซลลูโลสและลิกนินลดลงสูงสุด ทำให้มีความสามารถในการนำไปผลิตเป็นวัสดุเซลลูโลสไฟเบอร์ในงานทางด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่เพื่อการวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] อาทิตย์ หลอกลาง (2559). การใช้ประโยชน์น้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ดินเค็ม. *วารสารวิจัยราชภัฏธนบุรี รับใช้สังคม*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 6-30.

[2] ตะวัน มาดวง, อรวรรณ ชุณหชาติ และ รัชพล พะวงศ์รัตน์ (2562). การห่อหุ้มเซลล์ยีสต์ที่ถูกตรึงบนชานอ้อยที่ผ่านการปรับสภาพและการประยุกต์ใช้เพื่อการผลิตเอทานอล. RMUTP Research Journal, ปีที่ 13, ฉบับที่ 1, หน้า 116-126.

[3] Dana Suchada, Duangporn Premjet, and Siripong Premjet (2016). "Pretreatment and Enzymatic Hydrolysis Yields of Kenaf and Roselle/การพรีทรีตเมนต์และผลผลิตเอนไซม์ไฮโดรไลซิสของปอคิวบาและปอแก้ว. *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)*, vol. 23, no. 3, pp. 131-139.

[4] Pradeep K.P., Arun G., Shima S.J., Shah S.R., Swati S. Malini S. and Jayshree T., (2016) "Isolation of Nano Cellulose from Rubber Wood Fibre and Fibrillation Effects on Nano Cellulose Reinforced Poly (Ethylene Oxide)", *The National Conference for Postgraduate Research*, Universiti Malaysia Pahang.

[5] ธิราพร จุลยุเสน, วีรชัย อาจหาญ และพยุงศักดิ์ จุลยุเสน (2564). *รายงานการวิจัยการพัฒนาการปรับสภาพเหง้ามันสำปะหลังด้วยด่างเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำตาลกลูโคสและลิกนิน*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, ประเทศไทย.

[6] ปุณณวิทย์ หาญไพบูลย์, สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์ และเรืองวิทย์ สว่างแก้ว (2559). การปรับสภาพเบื้องต้นแบบต่อเนื่องของฟางข้าว

และกากมันสำปะหลังด้วยน้ำภาวะใต้วิกฤต. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, ปีที่ 23, ฉบับที่ 3, หน้า 44-55.

[7] ปิติพร มโนคุ้ม และฐนียา รังษีสุริยะชัย (2563). ผลการกำจัดลิกนินและสัณฐานวิทยาของหญ้าเนเปียร์หลังการปรับสภาพด้วยวิธีการอบไอน้ำและวิธีไมโครเวฟร่วมกับสารประกอบเกลือเฟอร์ริกคลอไรด์. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ*, ปีที่ 43, ฉบับที่ 4, หน้า 529-540.

[8] Steinbach, David., Kruse, Andrea and Sauer, Jörg, "Pretreatment technologies of lignocellulosic biomass in water in view of furfural and 5-hydroxymethylfurfural production- A review," **Biomass Conversion and Biorefinery**, Vol. 7 2 (2017): pp 247-274

[9] ยาภรณ์ วังศิริกุล, นูรมี และปานา, ซัมมีรา โซ๊ะโก, สาลูมา สมานหมาน และรวิวรรณ วัฒนายน (2557). การปรับสภาพกระดาษสำนักงานและกระดาษหนังสือพิมพ์โดยวิธีทางเคมีและกายภาพร่วมกับเคมี. *Princess of Naradhiwas University Journal*, ปีที่ 9, ฉบับที่ 2, หน้า 113-121.

[10] วิทวัส แจ้งเอี่ยม (2562). การพัฒนาการย่อยสลายสารอินทรีย์ประเภท เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนินโดยใช้ถังปฏิกรณ์ชีวภาพ. มหาวิทยาลัยบูรพา, ประเทศไทย.

[11] Kim, I., and Han, J.I. (2012). Optimization of alkaline pretreatment conditions for enhancing glucose yield of rice straw by response surface methodology. *Biomass Bioenergy*, Vol.46, pp.210-217.

[12] Ko, J.K., Bak, J.S., Jung, M.W., Lee, H.J., Choi, I.G. and Kim, T.H. (2009). Ethanol production from rice straw using optimized aqueous-ammonia soaking pretreatment and simultaneous saccharification and fermentation processes. *Bioresource Technology*, Vol.100, pp.4374-4380.

[13] Zhu, S., Wu, Y., Yu Z., Zhang, X., Wang, C., Yu, F.,et al. (2005). Simultaneous saccharification and fermentation of microwave/alkali pre-treated rice straw to ethanol. *Biosystems Engineering*, Vol 92, pp.229-235.

[14] Paripok Phitsuwan และคณะ (2015). Structural changes and enzymatic response of Napier grass (Pennisetum purpureum) stem induced by alkaline pretreatment. Bioresources, Mie University, 2015.

[15] บัณฑิตา เพ็ญศรี (2558). *ศักยภาพการผลิตไบโอเอทานอลจากกากหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1*. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[16] สุภาวดี ผลประเสริฐ. (2014). การปรับสภาพวัตถุดิบพวกลิกโนเซลลูโลสสำหรับการผลิตเอทานอล. *Thai Science and Technology Journal*, หน้า 641-649.

[17] Ratchapl Pawongrat (2558). กระบวนการปรับสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลส/Pretreatment processes for enhancing the efficiency of ethanol production from lignocellulosic-agricultural wastes. *Veridian E-journal Science and Technology Silpakorn University,* vol. 2, no. 1, หน้า 143-157

[18] กิตติพงษ์ ชูจิตร (2559). การดูดซับแคดเมียม โครเมียม และแมงกานีสโดยใช้วัสดุเซลลูโลสจากธรรมชาติ. *RMUTT Journal Science and Technology*, Vol6, No1, pp. 71-76.